

## **Sistema Integral de Gestión Ambiental – Municipalidad de la Ciudad de Córdoba**

Ing. Sergio Quinteros- ser.quinteros@gmail.com  
Mgter. Marcelo Marciszack - marciszack@gmail.com  
Ing. Roberto Miguel Muñoz- rmunoz@sistemas.frc.utn.edu.ar  
Ing. Silvio Serra -silvioserra73@gmail.com  
Ing. Ana Strub- anastrub@gmail.com  
Ing. Vanesa Barbosa- barbosa.vanesa@gmail.com  
Ing. Darío Cingolani- dariocingolani@gmail.com  
Ing. Martín Polliotto - martindapol@gmail.com  
Adriana Cucchi – adriana.beat@gmail.com  
Claudia Martínez Aguilar - cmaragui@gmail.com

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información -Facultad Regional Córdoba  
Universidad Tecnológica Nacional  
Maestro López esq. Av. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Córdoba

### **Resumen**

El “Sistema Integral de Gestión Ambiental” (SIGA), es un software que tiene como finalidad dar soporte a las acciones y decisiones de la gestión ambiental de la Municipalidad de Córdoba en aspectos relacionados con la problemática de la contaminación y el seguimiento de los servicios de higiene urbana.

Las funcionalidades más importantes del sistema son las de controlar los servicios en tiempo real, a través de los inspectores de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de Córdoba, y generar un mapa de novedades ambientales, con la información recopilada en las calles de la ciudad. Una vez que las contingencias se han registrado, si corresponden en responsabilidad a las empresas tercerizadas, deben ser solucionadas en tiempo y forma, estipuladas por contrato registrado previamente y configurado en el sistema, y las respuestas de atención informadas en el mismo. Permite también obtener índices de calidad del servicio de las empresas prestatarias, que se usan luego para evaluar el desempeño de las mismas y la continuidad de los contratos.

El sistema provee además una descripción georeferencial de las distintas fuentes de contaminación en la ciudad, así como el seguimiento interno de expedientes que gestiona dicha Secretaría.

### **Introducción:**

Una de las principales problemáticas asociadas a la gestión de municipios es el cuidado del medio ambiente y dentro de este cuidado se encuentran los servicios de limpieza y recolección de residuos de la ciudad. Actualmente en la ciudad de Córdoba, estos servicios públicos se encuentran tercerizados y es entonces que se requieren sistemas de control para garantizar la calidad de los servicios prestados.

La Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de Córdoba solicitó al Grupo CIDS (Centro de Investigación y Desarrollo de Sistemas de Información) de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Córdoba, el desarrollo de un sistema de información integral para la gestión de la información referida a la situación ambiental de toda la ciudad de Córdoba, generando un mapa ambiental georeferenciado.

Este sistema ha sido denominado “Sistema Integral de Gestión Ambiental” (SIGA), el cual es descripto en el presente trabajo.

### **Situación-Problema u Oportunidad:**

Al iniciar el proceso de desarrollo del sistema las autoridades municipales declaraban como aspectos determinantes de la contaminación ambiental de la ciudad a la densidad poblacional, el transporte público y la presencia de fábricas con residuos contaminantes.

La Secretaría de Medio Ambiente, de la Municipalidad de Córdoba, tiene como principal función construir y aplicar normativas ambientales, resolviendo de manera integrada, con las demás áreas de gobierno, los problemas que ponen en riesgo el medio ambiente de la ciudad.

Las principales problemáticas a controlar por esta área son: desagües pluviales, espacios verdes, contaminación del aire, contaminación del agua e higiene urbana.

Con respecto a la higiene urbana, en la actualidad y a través de la Secretaría de Medio Ambiente, se divide a la ciudad en tres áreas, a los efectos de la recolección de residuos urbanos. En ese marco se licita el servicio de recolección de basura en la ciudad (ref. <http://www.nuestracordoba.org.ar/documentos/>

Analisis Plan de Metas.pdf). El resultado del proceso licitatorio otorga el servicio a dos empresas y es entonces que para garantizar el correcto funcionamiento, la Secretaría de Medio Ambiente, necesita controlar las empresas contratadas y mantener una constante comunicación con dichas empresas, validando la inmediata solución de las novedades, minimizando los tiempos de respuesta y la innecesaria repetición de las contingencias. También necesita controlar, en tiempo real, el recorrido y cobertura de área de los camiones de recolección.

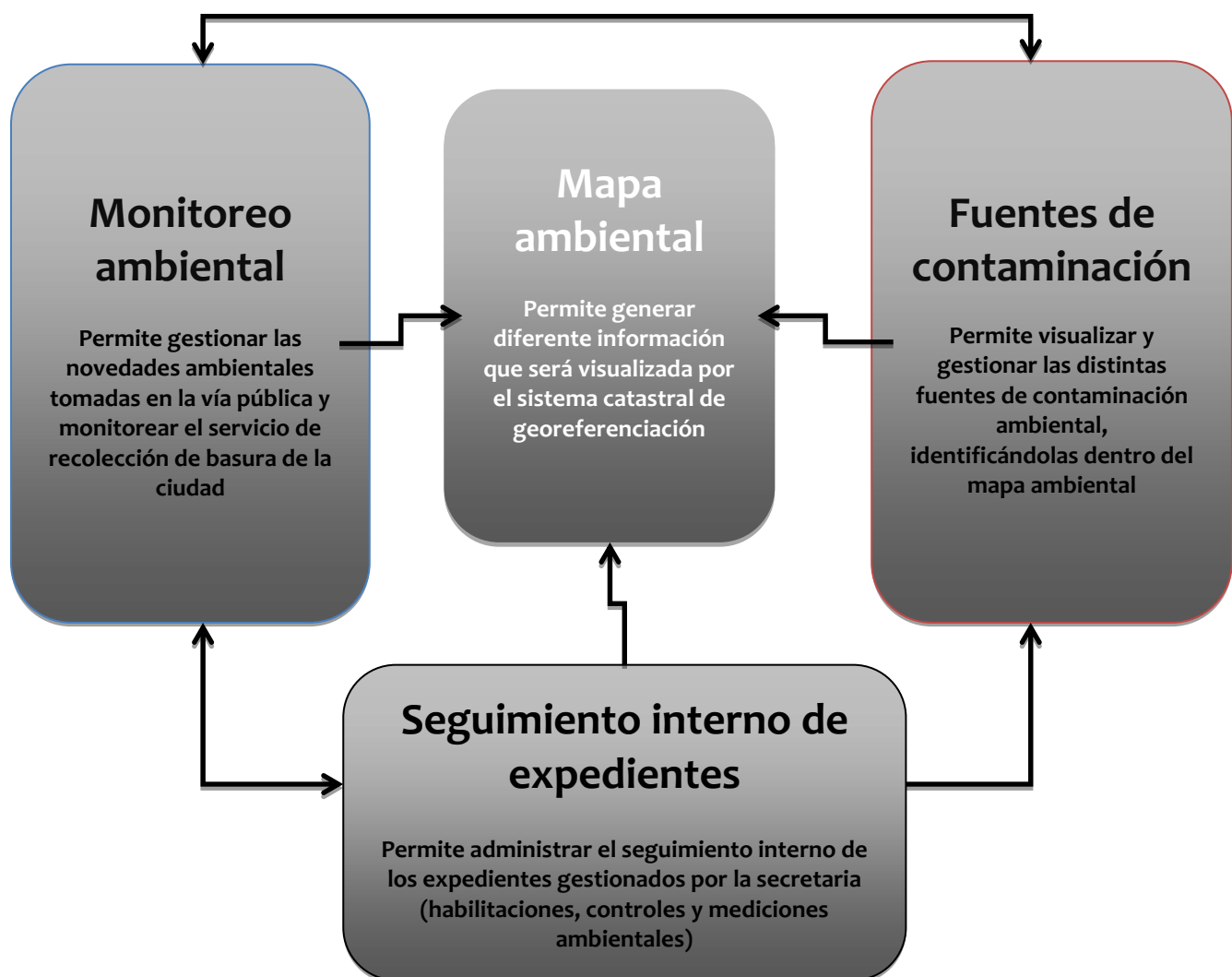
En una primera etapa se determina el desarrollo del módulo para el seguimiento de las empresas prestadoras de servicio de higiene urbana, ya que la recolección de basura en las grandes urbes es uno de los principales problemas de las administraciones municipales y, en particular, la Ciudad de Córdoba con más de 1.3 millón de habitantes no escapa a esta problemática.

Los requerimientos fundamentales planteados fueron la necesidad de obtener información en tiempo real y el esquema de la situación de la ciudad en un mapa georeferenciado.

#### **Solución:**

La solución fue crear una herramienta de gestión que permite visualizar, controlar y mejorar los tiempos de respuesta a soluciones de problemas y novedades ambientales.

El sistema de información tiene por objetivo obtener la información en tiempo real para proporcionar los índices y puntos georeferenciados en el mapa de la ciudad de Córdoba y está conformado por los siguientes cuatro módulos de software:



La metodología utilizada en el desarrollo del sistema de información es el Proceso Unificado de Desarrollo, con herramientas de modelado UML, considerando a los casos de uso como elementos guía, tanto para la construcción del software como para el desarrollo de los tests.

A modo de organización de la tarea de desarrollo se decidió analizar y construir un módulo por vez, para minimizar los tiempos de entrega e implementación, logrando que el usuario obtenga resultados tangibles en el corto plazo.

Basados en experiencias anteriores, el grupo de desarrollo incorpora el Test del Caso de Uso (test del análisis), ya que en proyectos anteriores el analista terminaba el caso de uso y una vez finalizada la tarea de programación se realizaba el test, donde las observaciones implicaban, en algunos casos, cambiar el

alcance. En este proyecto el analista termina el caso de uso y este documento es revisado tanto por el encargado del test (QA) como el desarrollador (encargado de la programación), realizando sus observaciones que son incorporadas por el analista al caso de uso y recién se inicia el proceso de construcción.

Los resultados obtenidos fueron favorables al minimizar los tiempos de reespecificación, y las distintas áreas involucradas en el proceso (análisis, desarrollo y test) dan su mirada a la situación, acelerando la solución al problema.

A nivel de proceso de desarrollo y método de trabajo se implementa la realización de presentaciones parciales del producto al personal de la Secretaría de Ambiente, permitiendo acortar los hitos en el desarrollo y validando con el cliente el análisis. De esta forma el cliente visualiza resultados parciales y participa directamente con el desarrollo de las soluciones.

A continuación se describe cada módulo:

#### **Módulo de Monitoreo Ambiental:**

Es un sistema informático de registro y gestión de antecedentes ambientales que funciona con tecnología móvil y captura información de texto e imágenes.

Este módulo de Monitoreo Ambiental incluye un sistema para el celular del inspector de la Secretaría de Ambiente que le permite cargar la novedad (tanto acontecimientos como mediciones) en la vía pública (con tipo novedad, texto independiente y foto), alimentando en tiempo real el sistema principal y enviando la novedad a la empresa tercerizada responsable del área relevada. El sistema en función de la localización del inspector obtiene la empresa que brinda el servicio en dicha zona, las novedades similares dentro de la zona de rastreo o mediante el código de objeto ingresado y las novedades cerradas por la empresa que el inspector tiene cerca para validar. De esta forma el sistema filtra las contingencias similares catalogándolas como reincidencias o reportes de una misma novedad, según haya sido cerrada anteriormente o no.

El sistema permite al inspector capturar una imagen (foto) de la situación para validar el hecho. Desde ese momento el sistema gestiona el estado de la novedad y de la comunicación con la empresa. La empresa

debe responder dicha notificación en tiempos establecidos y el inspector está informado en tiempo real de la solución del problema. Permitiendo que él u otro inspector de la zona valide la solución.

El sistema principal mantiene un historial de novedades y permite obtener índices de calidad de servicio de cada empresa prestadora. Por otro lado permite a la Secretaría de Ambiente la gestión de comunicaciones con las empresas, manteniendo el historial de respuestas y soluciones reemplazando de esta forma la documentación impresa.

El sistema, en este módulo, permite cargar los contratos y sus condiciones que serán utilizadas para el correcto control de la empresa. El registro de los contratos permite mantener información de datos generales, zonas que cubre y deficiencias que deben validarse, tiempos de respuesta de la solución, puntos a descontar, tipo de deficiencia y otros parámetros que permiten evaluar el resultado obtenido por la empresa.

Los camiones recolectores de basura poseen GPS y entonces el sistema visualiza en tiempo real la localización de las unidades, permitiendo analizar el recorrido de la unidad y tiempos de demora. El GPS emite la señal al sistema principal y este lo visualiza en el mapa de la ciudad. Es entonces que se cuenta con seguimiento en tiempo real de los recorridos de todas las unidades.

El auditor municipal tiene el sistema en su celular para cargar las novedades a nivel macro, donde no interviene una empresa en particular. Estas novedades contemplan un árbol de tipología que le permite la flexibilidad al usuario para describir la contingencia.

El sistema es flexible en tanto permite la administración de distintos tipos de documentos como comunicación entre áreas de la secretaría y las empresas, permitiendo la lectura de documentos a múltiples destinatarios.

Se incluye además el registro de la zona de trabajo del inspector (UTI) que contempla parámetros que sirven luego para el cálculo de los Índices de Calidad de Servicio (cantidad de cuadras, contenedores, etc.). La UTI es asignada al inspector en forma aleatoria considerando las que no fueron revisadas en un período de tiempo, de esta forma el sistema garantiza que toda la ciudad será revisada en forma continua.

El sistema permite el registro de reclamos del vecino que ingresan como novedad y se sigue el mismo procedimiento de aquel que registra el inspector.

Para evaluar la gestión de Higiene Urbana de la ciudad se definieron Indicadores de gestión específicos de modo tal que permita evaluar el desempeño del servicio y utilizarlos como una herramienta de medición de eficiencia y eficacia de los mismos, así como para ser utilizados como elementos de comparación no sólo en el tiempo, sino con otras gestiones en ciudades de similares características y entre las distintas zonas en las cuales se encuentra dividido el servicio en la ciudad.

El sistema se comunica con otros dispositivos como son la báscula y el control de pesaje para determinar el estado del camión de recolección de basura.

#### **Módulo de Mapa Ambiental:**

Con la información catastral (E-map) junto con las capas de datos ambientales y las novedades recopiladas en la vía pública se genera un Mapa Ambiental de la Ciudad (MAC).

E-map: es un sistema que maneja los datos catastrales de la ciudad por número catastral y se genera información sobre las siguientes categorías: agua, aire, suelo, vegetación y fauna. Este sistema permite generar información sobre las empresas registradas en la órbita municipal, su clasificación ambiental, datos de expedientes y referencias ambientales asociadas.

#### **Módulo de Fuentes de contaminación:**

Permite registrar cada punto o referencia de interés tipificada sobre el mapa ambiental de la ciudad (utilizando la tecnología del GPS, georeferenciación y google map). El sistema permite la flexibilidad de controlar los parámetros, características y controles necesarios de la referencia al usuario. De esta forma el personal de la Secretaría de Ambiente tiene la posibilidad de generar puntos de interés (espacios verdes, desagües, intersección de avenidas), puntos de contaminación o puntos de mediciones de contaminación de distintos tipos (agua, aire, tierra) y/o cualquier otro punto de interés para el que se indica la forma de control. El agente en la calle con el celular indica su posición y el tipo de contaminación detectado otorgando valores reales a los parámetros antes indicados por el personal de la Secretaría de Ambiente.

El sistema, en este módulo, permite registrar los resultados de las mediciones realizadas en diferentes puntos o áreas de monitoreo ambiental por el personal técnico con su georeferenciación.

#### **Módulo de Seguimiento interno de Expedientes:**

Este módulo permite administrar el seguimiento interno de los expedientes, a partir de los datos informados por Ventanilla Única o bien originados por la propia dirección, junto con su posterior seguimiento entre las direcciones involucradas (pases internos, informes y resoluciones correspondientes). Los expedientes gestionados por la Secretaría son los referidos a controles de la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental y mediciones ambientales.

El sistema provee las herramientas para identificar las referencias de los expedientes dentro del mapa ambiental.

#### **Innovación e Inédito:**

Las consignas más importantes del sistema son controlar los servicios en tiempo real y generar un mapa de novedades ambientales, con la información recopilada por los agentes municipales, durante su recorrido por las calles de la ciudad.

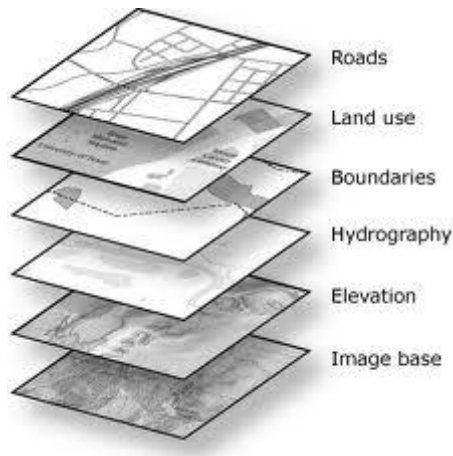
Los aspectos más destacados, que tienen que ver con la innovación de un software de estas características, son:

- La utilización de la última tecnología en programación para celulares, tablets, google map, georeferenciación, GPS y la comunicación con otros dispositivos electrónicos como son la báscula y el control de pesaje.
- La utilización de fórmulas dinámicas para la realización de capas de contaminación que se visualizan en distintos niveles en el mapa ambiental (MAC). Estas fórmulas son diseñadas según las necesidades del área de la Secretaría de Medio Ambiente y se calculan con los datos recabados de la calle, de esta forma la capa a visualizar se genera en forma dinámica. El sistema tiene tipología de puntos, para que si en un futuro se quiere marcar, por ejemplo, una esquina muy transitada y cargar los datos de esa esquina para luego graficar en el mapa, se puede hacer, es



flexible en cuanto a la información que maneja y los gráficos a realizar. Los usuarios determinan el tipo de punto, los parámetros exigidos y los controles

Capa de contaminación: en base al mapa de catastro se va agregando información en capas. Esto significa dibujar en el mapa una zona que sería de contaminación y/o marca que le interese al usuario:



- El desglose de las novedades para facilitar la carga al inspector, permitir diseñar la tipología de puntos con sus parámetros y controles independientes, que son las fuentes de información principales de las fórmulas.
- Control en tiempo real de las rutas realizadas por los vehículos ambientales, permitiendo conocer los tiempos, zonas no recorridas y permitiendo la carga de novedades en vía pública, para un estricto control de la empresa prestadora del servicio o de sus propios inspectores.

#### **Beneficiarios:**

El sistema principal tiene tres portales: una vista para la Secretaría de Medio Ambiente (incluyendo diferentes usuarios para los funcionarios de la Municipalidad, los jefes de la Secretaría de Medio Ambiente y los Inspectores), una vista para la empresa Prestadora y una vista para el Ciudadano permitiendo, para cada uno los actores mencionados, los siguientes beneficios:

- El ciudadano, que en definitiva es el perjudicado inmediato de la contaminación de la ciudad, puede realizar sus denuncias en forma más rápida y directa a través de la web. Además se le garantiza el

control de problemas ambientales y la notificación al prestador ambiental de la contingencia detectada, para su solución en los tiempos previstos por contrato.

- La Municipalidad de la Ciudad de Córdoba, ya que el sistema indica los índices de calidad de servicio y esto le permite aprovechar los presupuestos invertidos en los servicios tercerizados y tomar decisiones acerca de la continuidad o mejora de los contratos establecidos.
- La Secretaría de Medio Ambiente, ya que recibe un sistema de gestión para mejorar el índice de eficiencia del presupuesto asignado y obtiene información completa y oportuna para prevenir y atender contingencias. Además permite controlar que el trabajo de sus inspectores se haga en tiempo y forma.
- Los inspectores de la Secretaría de Medio de Ambiente, que interaccionan directa o indirectamente con el sistema para registrar las novedades ambientales en línea, conociendo si existen respuestas y si deben implementar un nuevo control. El software les muestra en la pantalla las denuncias ambientales y las prestaciones que hay en el lugar como tipo y horario de recolección y barrido, plazas y baldíos, entre otros y pueden detectar las deficiencias de ese sector de la ciudad, ya sea por un falta de la empresa prestadora del municipio o de un ciudadano.
- Los proveedores (prestadores ambientales), que reciben las novedades en forma temprana, con geolocalización precisa y un tipo de novedad acotada, con el detalle necesario y una notificación fehaciente para que puedan actuar rápidamente ante cualquier desviación detectada. Además los proveedores pueden informar de manera efectiva las soluciones a las novedades ambientales, permitiendo además el autocontrol dentro de los parámetros previstos en el contrato.

#### **Relevancia para el Interés Público:**

Los últimos acontecimientos de inundaciones en el país, como los sucedidos el 2 de abril 2013 en La Plata y Bs. As., pusieron nuevamente en relevancia las implicancias que tienen los basurales en la calle que tapan los desagües.

La contaminación del suelo, agua, aire y la higiene urbana son aspectos de gestión importantes para cualquier gobierno.

Este sistema brinda información oportuna, para la toma de decisiones y el mejoramiento continuo de la gestión ambiental, a través de medidas de control de la contaminación y el seguimiento de los servicios tercerizados. Permite de esta forma tomar acciones que puedan solucionar problemas actuales y/o prevenir situaciones que desemboquen en verdaderos siniestros con riesgo de vidas humanas o, por lo menos, paliar los efectos que pueden desencadenar catástrofes naturales.

Por otra parte respalda la transparencia de las decisiones de la gestión pública en la materia, ya que permite un seguimiento del cumplimiento de los contratos con las empresas tercerizadas, sirviendo como constancia para las renovaciones o cancelaciones de contratos y las multas aplicadas, contando con documentación de antecedente para futuras licitaciones en dónde participen las empresas intervinientes.

#### **Viabilidad Técnica, Financiera y Política Organizacional:**

Cuando la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba se acercó a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, y planteó sus expectativas, se inició un estudio en el grupo de trabajo del CIDS (Centro de Investigación y Desarrollo de Sistemas de Información), en conjunto con personal de la Dirección de Informática de la Municipalidad, con el objetivo de visualizar aspectos tales como:

- La necesidad y voluntad política de las autoridades municipales, que solicitaban un sistema de información integral para el seguimiento de novedades ambientales en la Ciudad de Córdoba.
- Presentación de una propuesta económica, con formas de pago y entregables en cada momento, y firma del Convenio entre la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba y la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Córdoba.
- Capacitación a agentes inspectores, jefes de zona, administración de la Secretaría de Ambiente.
- Se estableció que el equipamiento a adquirir, o ampliar en capacidades, es a cargo de la Municipalidad, con recomendaciones que puedan surgir desde el personal técnico del CIDS.
- El personal de análisis, desarrollo, pruebas e implementación posee experiencias similares en el desarrollo de sistemas de información, tales como: Sistema Nacional de Licencias de Conducir, Sistema Provincial de Antecedentes de Tránsito, Sistema de Concursos Públicos Municipales y Sistema Provincial Integral de Gestión Educativa.

### **Facilidad de Reproducción:**

Si bien el sistema se hizo a pedido de una entidad pública, con necesidades puntuales y reproducibles sólo en jurisdicciones del mismo tipo, en el desarrollo del sistema se tuvo en cuenta la posibilidad de brindar flexibilidad ante cambios y permitir la adaptación.

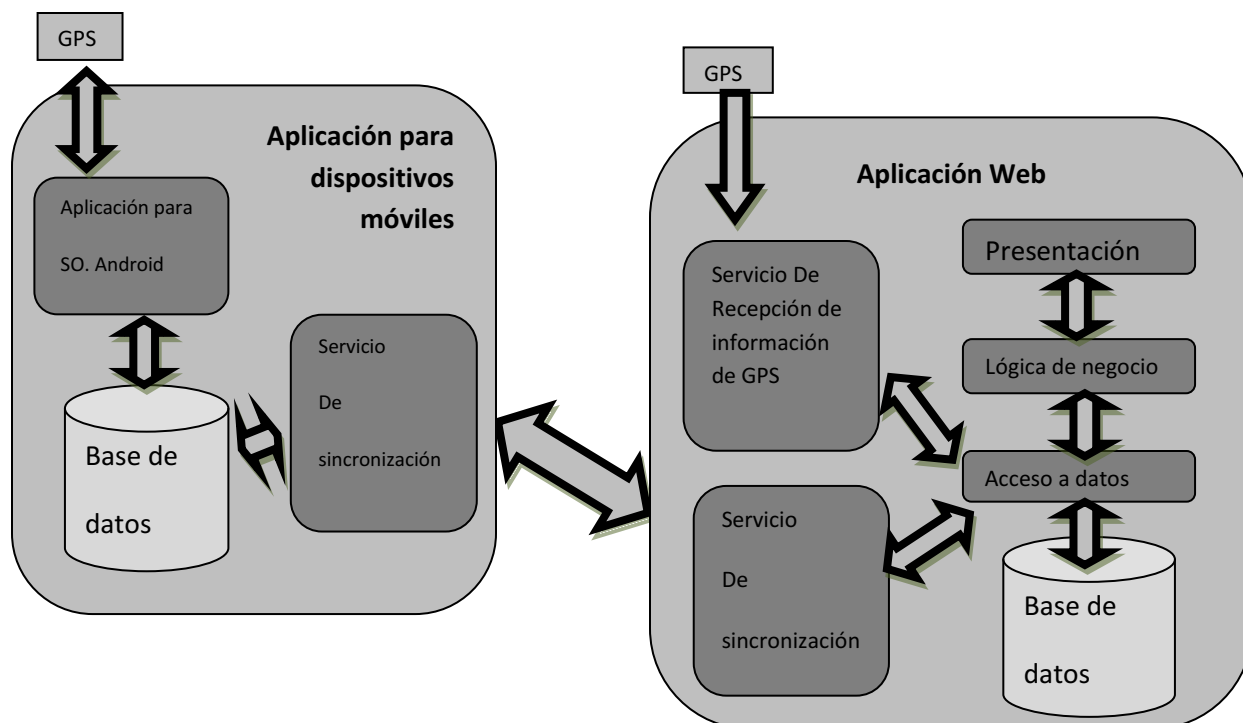
El proyecto es un gran aporte a la gestión municipal, con la implementación de tecnología que está disponible en el medio y la posibilidad de ampliar su alcance a medida que las autoridades detectan funcionalidades, ya que brindan una gran variedad de alternativas de seguimiento.

### **Ambiente de Hardware y Software:**

El Sistema Integral de Gestión Ambiental (SIGA) está organizado en dos grandes aplicaciones:

\*Aplicación para dispositivos móviles: Esta se ejecuta en dispositivos móviles y será empleada por los inspectores u otro personal destinado a realizar tareas en la vía pública. Esta aplicación permite obtener información de georeferenciación, del servicio de GPS disponible en el dispositivo móvil en el que se ejecuta, cada un período de tiempo configurado y/o para cada acción llevada a cabo por el usuario, como por ejemplo, tomar una novedad en la vía pública. Toda la información recabada y utilizada por esta aplicación se guarda en una base de datos local, para que un servicio que corre de manera asíncrona e independiente envíe los datos a la aplicación principal sin intervención del usuario y en función del comportamiento de la conectividad. Esto es muy importante porque permite operar el sistema siempre de la misma forma, independientemente del mecanismo físico de conexión que se esté empleando o incluso cuando no exista ninguna conexión posible. Por ejemplo: un inspector podría estar tomando novedades sin saber que se encuentra conectado en línea mediante un servicio de WIFI. Pocos metros más adelante el enlace WIFI puede no estar disponible, pero puede resultar factible sincronizar mediante 3G, y más tarde puede ocurrir que ninguna conexión sea posible. En todos los casos el inspector realizará su tarea de la misma forma y enviará lo que corresponda de manera absolutamente transparente, incluso para los casos en los que no exista conectividad, pues el envío se realizará cuando se recupere cualquier forma de conexión,

\*Aplicación web: Es un sistema web destinado a ser utilizado por personal de las oficinas de la Municipalidad de Córdoba. Su capa de presentación puede alojarse en un servidor web, mientras que todas las que componen la aplicación pueden alojarse en un servidor de aplicación separado. En implementaciones más simples ambos aspectos pueden ser soportados por un solo servidor. Un conjunto de servicios permite enviar y recibir información de los dispositivos móviles y otro grupo de servicios permite recibir información de los GPS, los cuales pueden incorporarse a vehículos y otros objetos de los que se quiera conocer su recorrido o ubicación. La propia arquitectura de la aplicación permite la adquisición de dispositivos GPS diferentes con protocolos de comunicación propios, ya que es posible configurar los servicios (o agregar otros) para que “dialoguen” de diversas formas y arrojen los resultados de la comunicación en un formato común.



En el desarrollo de la aplicación para dispositivos móviles se ha empleado el lenguaje de programación Java y es compatible con sistemas operativos Android 3.1 y superiores. No utiliza ninguna característica particular del hardware, lo que permite gran libertad a la hora de adquirir y reemplazar los dispositivos. Sólo se debe estar seguro de que son compatibles con el sistema operativo mencionado y que reúnen las características de conectividad y posicionamiento que se deseen. En otras palabras, la aplicación móvil es muy portable.

Para persistir la información dentro del dispositivo móvil se ha utilizado la base de datos SQLite, que tiene muy buen desempeño sobre sistemas operativos Android.

En el caso de la aplicación Web, y de todos sus servicios, se ha utilizado la tecnología .Net con el lenguaje de programación C#. En particular para la capa de acceso a datos se ha empleado el framework NHibernate.

Para persistir la información en los servidores de bases de datos se ha empleado SQL Server 2008.

Los aspectos de presentación fueron resueltos mediante Bootstrap y CSS.

#### **Estado actual del desarrollo.**

Las funcionalidades previstas para la primera etapa, que son las referidas a Higiene Urbana, se encuentran completamente desarrolladas. Se han realizado pruebas de carga y de stress con excelentes resultados.

También se ha llevado adelante una prueba de campo, donde se realizaron actividades en la vía pública, mediante diferentes dispositivos móviles conectados al servidor de aplicación de diversas maneras. En todos los casos se obtuvieron resultados óptimos, comportándose la aplicación de la manera prevista.